

SPIXIANA	14	2	237–242	München, 1. Juli 1991	ISSN 0341–8391
----------	----	---	---------	-----------------------	----------------

# Zur Abhängigkeit des apparenten Artenaustausches von der Stichprobengröße

(Lepidoptera, Macroheterocera)

Von Axel Hausmann

Hausmann, A. (1991): Apparent turnover decreases with increasing sample size (Lepidoptera, Macroheterocera). – Spixiana 14/2: 237–242

The results (moths: Macroheterocera) of a light trap operated from 1987 to 1989 in the northern periphery of Munich (Southern Bavaria) are tested on dependence of apparent turnover on sample size. In a simulation trapping-frequency was reduced to see how many species are present in such samples and how great the turnover is from year to year resulting in such an operation.

With increasing trapping-frequency the species number approaches a maximum value. When the trap is operated every second night, for example, there are recorded 80–85 % of the species occurring in the area covered by the light of the trap. The “absolute turnover“  $T_a$  decreases with increasing trapping-frequency to a minimum value, that could be considered as the “real turnover“. In the present paper there was found a value of about 20–30 %.

If a trap is operated less than every 5<sup>th</sup> night, the overestimation of the turnover will be too great to allow further interpretations.

Axel Hausmann, Zoologische Staatssammlung, Münchhausenstraße 21, W-8000 München 60, Germany

## Einleitung

Durch die allenthalben in Gang gekommene Naturschutzdiskussion werden Fragen der Bewertungsmöglichkeiten von Artenspektren (mehr oder weniger) definierter Areale immer wichtiger. Einen Aspekt hiervon stellt der sogenannte Turnover oder Artenaustausch von Jahr zu Jahr dar. Dieser wird mehr und mehr als Grundlage zu Beurteilungen von Artenspektren herangezogen, wie z. B. bei den Vögeln (Diamond, 1969), den Tagfaltern (Reichholz, 1986) usw.

Eine niedrige Artenaustausch-Rate, also eine über Jahre hinweg so gut wie unveränderte Zusammensetzung des Artenspektrums kann als Hinweis auf konstante Umweltverhältnisse, ein hoher Turnover dagegen als mögliches Indiz auf Störungen bzw. Sukzessionsprozesse verstanden werden. Ähnliches erläuterte Utschick (1989) erst kürzlich am Beispiel von Nachtfalterfängen am Inn.

Eine offengebliebene Frage stellt in der Methodik des Lichtfallenfangs jedoch das Problem der Erfassungsgenauigkeit dar.

## Methode und Material

Um dies etwas näher zu beleuchten, wurde das Ergebnis einer über drei Jahre hinweg ziemlich regelmäßig betriebenen Lebendlichtfalle (bestückt mit einer 15-W Blacklight-Röhre) genauer analysiert. Die Untersuchung soll auf die sogenannten Großschmetterlinge (Macroheterocera) beschränkt bleiben.

Der Standort liegt im Münchner Norden am Nordostrand des Berglwaldes (siehe Hausmann, 1988) im Wasserwerksgelände der Gemeinde Oberschleißheim (48,16' N/11,34' E). Ein Großteil der Fläche von ca. 2 ha Größe wurde seit etwa zehn Jahren der natürlichen Sukzession überlassen, was von einer relativ starken Verbuschung begleitet war. Ehemals handelte es sich um einen abrupten Übergang von forstwirtschaftlich genutztem Wald in Ackerland.

Tab. 1. Lichtfang-Häufigkeit und Fangergebnisse im Wasserwerksgelände Oberschleißheim 1987–1989. Aufgeführt sind nur die für die Turnoverberechnung verwendeten Arten (Macroheterocera), die Gesamtzahlen aller Nachweise liegen jeweils um ca. 10–15 Arten höher.  
Trapping-frequency and results of the catches in the area of the pump station of the village of Oberschleißheim (Southern Bavaria) 1987–1989.

Jahr year	Fangnächte trapping nights		Fangrhythmus Juni–August	Individuen individuals	Gesamtartenzahl total of species
	gesamt total	Juni–August June–August	rhythmus days		
1987	64	29	3,2 Tage	3 671	250
1988	86	39	2,4 Tage	4 170	266
1989	92	34	2,7 Tage	3 689	273

Um eine Durchmischung der Bestände zu gewährleisten und Dispersionsaktivitäten und trivial movement der Individuen nicht zu stark zu beeinflussen, wurde zwischen den Fangnächten stets mindestens eine fangfreie Nacht gelegt. Andernfalls wären die Fehlerquellen durch eine Verzerrung der relativen Häufigkeiten zu groß.

Die Gesamtsumme der an diesem Fangplatz 1987–1989 nachgewiesenen Makroheterocerenarten beträgt 349. 1988 waren innerhalb des Wasserwerkes noch zwei andere Fallen in Betrieb (ca. 100 m entfernt), deren Ergebnisse bei der Berechnung der Austauschraten hier unberücksichtigt bleiben sollen. Unter Hinzunahme der Ergebnisse dieser beiden Fallen ergibt sich eine Gesamtartenzahl von 379.

Bei den vorliegenden Auswertungen der Fangergebnisse wurden einige Arten von vorne herein weggelassen, da eine Vergleichbarkeit der Quantifizierung durch stark aus dem Rahmen fallende methodische Mängel (geringe Erfassungswahrscheinlichkeit) in den betreffenden Fällen nicht gegeben war.

Man kann nun die Einzelergebnisse eines Jahres daraufhin testen, was gefangen worden wäre, wenn die Falle nur in 50% der Nächte in Betrieb gewesen wäre (jedes zweite Mal), in  $\frac{2}{3}$  der Fangnächte usw. Welche Artenzahlen ergäben sich bei einer solchen hypothetischen Begrenzung der Stichprobengröße und welche Werte des apparenten Artenaustausches würden sich errechnen?

## Ergebnisse

Getestet wurden  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{1}{4}$  der tatsächlich durchgeführten Fangnächte. Das ergab beispielsweise bei  $\frac{1}{4}$  für jedes Jahr vier (hypothetische) Artenspektren. Zusätzlich sollte geprüft werden, was sich ergäbe, wenn in jedem Monat (März–Oktober) nur in jeweils der besten Fangnacht geleuchtet worden wäre („8 opt.“), da eine solche Vorgehensweise der Gewohnheit so mancher Sammler entspricht. Da die Fangbedingungen (z. B. Witterung) jedoch vor einer Fangnacht nicht immer 100%ig

zu erhalten sind, sollen auch die Resultate der jeweils zweitbesten Nächte („8 subopt.“) getrennt ermittelt werden. Um einen Vergleich zur Publikation Utschicks (1989) zu ermöglichen, sollen auch die jeweils zwei besten Nächte Ende Juni und Anfang Juli („4 E6–A7“) näher betrachtet werden.

Die resultierenden gemittelten Artenzahlen zeigt Tab. 2:

Tab. 2. Gemittelte Artenzahlen (Macroheterocera) bei einer simulierten Reduzierung der Fanghäufigkeit in den Jahren 1987–1989 im Wasserwerk Oberschleißheim (siehe Text).

Mean of species numbers (Macroheterocera), resulting in a (simulated) reduction of the trapping-frequency at  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  and  $\frac{1}{4}$  of the total catches in the years 1987–1989 in the pump station of the village of Oberschleißheim (Southern Bavaria). „8 opt.“ = 8 optimal nights (one per month); „8 subopt.“ = 8 sub-optimal nights; „4 E6–A7“ = two nights in the last decade of June and two nights in the first decade of July.

Jahr year	gesamt total	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	8 opt.	8 subopt.	4 E6–A7
1987	250	224	203	178	157	155	137	109
1988	266	241	224	193	173	151	136	98
1989	273	245	227	195	174	159	138	92

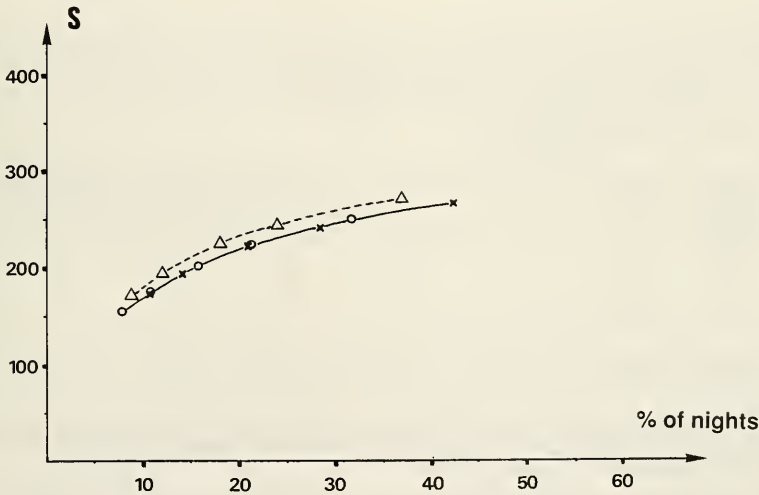


Abb. 1. Gemittelte Artenzahlen S (Macroheterocera) bei einer simulierten Reduzierung der Fanghäufigkeit in den Jahren 1987–1989 im Wasserwerk Oberschleißheim, bezogen auf den jeweilig genutzten, prozentualen Anteil an den theoretisch möglichen Fangnächten (= 92) der Hauptflugzeit. — Mean of species numbers S (how in Tab. 1), as a function of the percentage of nights, used for catches; 100% = daily catches (n = 92) during the main flight period (June to August). × = 1987; o = 1988; Δ = 1989.

Um die Abhängigkeit der Gesamtartenzahl von der Stichprobengröße besser zu dokumentieren, sollen in Abb. 1 die sich aus den verschiedenen Jahren ergebenden Werte durch die Berücksichtigung der Fangintensität korrigiert werden. Als Bezugsgröße soll hierbei die Fangfrequenz in der Hauptflugzeit (Juni–August, vgl. Tab. 1) dienen.

Die 1989 geringfügig abweichende Kurve kann man auf erhöhte Fangfrequenz außerhalb der Hauptflugzeit zurückführen. Im Prinzip zeigt sich jedoch für alle drei untersuchten Jahre ein erstaunlich ähnliches Bild. Die Werte laufen gegen einen „Sättigungswert“ von 330 (1987/1988) bzw. 350 (1989) Arten.

Hervorgehoben sei an dieser Stelle, daß dieser Maximalwert die realen natürlichen Verhältnisse etwas unterschätzt. Nicht enthalten oder unterrepräsentiert sind dabei Arten, die Lichtquellen nicht oder nur selten anfliegen, wie einige tagfliegende Nachtfalter oder beispielsweise die Arten der Gattungen *Cucullia* und *Catocala*. Der Anteil solcher Arten am Gesamtartenspektrum liegt im Untersuchungsgebiet bei ca. 5–10%. Bei den folgenden Überlegungen soll einmal von den o. g. Maximalwerten ausgegangen werden. Um beispielsweise  $\frac{3}{4}$  der tatsächlich im jeweiligen Jahr im Lichtfallen-Einzugsbereich vorhandenen Nachtfalterarten, die potentiell die Falle anfliegen, nachzuweisen, müßte man 28–30 der Fangnächte (Hauptflugzeit) zum Fang nützen (bei annähernd gleicher Fangintensität außerhalb dieser drei Monate).

Fängt man dagegen streng jede zweite Nacht, erhält man 80–85% der Arten.

Bei täglichem Fang an einem anderen Standort ergaben sich in einer ähnlichen Untersuchung (Hausmann, 1990) etwas über 90%.

Diese Aussagen sind jedoch abhängig von der Häufigkeitsstruktur (Diversität), und können daher in gewissen Grenzen je nach Standort leicht differieren.

Welche Artenaustausch-Raten errechnen sich nun aus den verschiedenen Teil-Artenspektren?

Die starke Abhängigkeit der Absolutwerte des Turnovers von der Stichprobengröße kommt in Tabelle 3 gut zum Ausdruck. Zur Berechnung des ‚prozentualen Anteils der ausgetauschten Arten an der Artenzahl der ersten Aufnahme‘ („Absoluter Turnover  $T_3$ “) diente die in Utschick (1989) veröffentlichte Formel.

Tab. 3. Gemittelte Turnoverwerte ( $T_3$  in %) bei einer simulierten Reduzierung der Fanghäufigkeit in den Jahren 1987–1989 im Wasserwerk Oberschleißheim (vgl. Tab. 2).  
Mean of turnover-values ( $T_3$  in %) resulting in a (simulated) reduction of the trapping-frequency in a locality in Southern Bavaria (see Tab. 2).

Jahr year	gesamt total	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	8 opt.	8 subopt.	4 E6–A7
1987/1988	39,8	46	51	57	66	58	77	76
1988/1989	37,2	45	50	59	66	72	81	69
Mittel average	38,5	46	51	58	66	65	79	73

Stellt man den Turnover graphisch als Funktion der zur Berechnung verwendeten Fangnächte (in %) dar, so ergibt sich das in Abb. 2 gezeigte Bild:

Durch unterschiedliche Fangrhythmen wird die Vergleichbarkeit verringert. Der  $\frac{1}{3}$ -Wert des Jahres 1987 (= 9,5 Tage-Rhythmus) entspricht z. B. eher dem  $\frac{1}{4}$ -Wert von 1988 (= 9,4 Tage-Rhythmus). Die Tendenzen bleiben jedoch gültig, der genannte Vergleich ergibt einen Turnover von durchschnittlich 57% (bei einander stark ähnelnden Artenzahlen von ca. 175).

Es ist leicht zu ersehen, daß auf die Größe der Stichprobenentnahme starkes Augenmerk gelegt werden sollte, wenn man zwei Standorte oder eine Fangstelle im Lauf der Zeit hinsichtlich der Artenaustausch-Raten untersuchen will. Sehr problematisch werden solche Untersuchungen, wenn der Fang seltener als alle fünf Tage erfolgt. Hier werden sich selbst bei Korrekturen unter Berücksichtigung der geringen Stichprobengröße nur sehr unscharfe Aussagen treffen lassen. Entsprechendes gilt natürlich für die isolierte Betrachtung eines bestimmten jahreszeitlichen Aspekts: Wenn man wie im vorliegenden Fall beispielsweise nur Fänge Ende Juni und Anfang Juli berücksichtigt, kommt als zusätzliches Problem noch hinzu, daß die Entwicklung (Emergenz) der Arten in verschiedenen Jahren nicht präzise nach dem Kalender abläuft. So war 1988 Anfang Juli schon eine Reihe für Ende Juli typischer Arten anwesend. 1989 war das nicht der Fall. Dies führt dann zu einem „Pseudoturnover“.



Der hohe Turnover ist in solchen Fällen größtenteils methodisch bedingt. So sind auch die 69 % Utschicks (1989) zu interpretieren, die dem entsprechenden Oberschleißheimer Wert recht nahe kommen. Rückschlüsse können nur in Einzelfällen unter Hinzuziehung zusätzlicher Informationen möglich werden, wie dies in Utschick (l. c.) auch versucht wird.

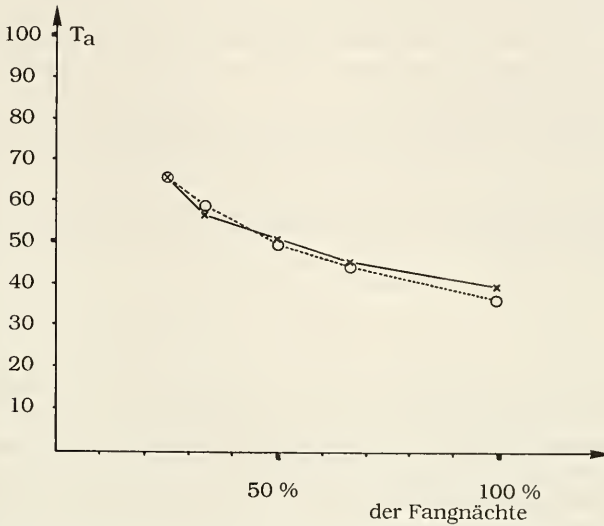


Abb. 2: Gemittelte Turnoverwerte  $T_a$  (wie in Tab. 3), als Funktion der zur Berechnung verwendeten Fangnächte (in %); durchgehende Linie = 1987/1988; gepunktete Linie = 1988/1989. – Mean of turnover-values  $T_a$  (see Tab. 3), as a function of the percentage of nights, used for calculation; permanent line = 1987/1988; dotted line = 1988/1989.

Unter Abzug der Erfassungsunschärfe bleiben real stattfindende Besiedlungsprozesse bzw. Fälle von lokalen Extinktionen übrig. So ist beispielsweise der Artenzugang von *Nonagria typhae* Thnbg. (Raupenfutterpflanze: *Typha spec.*) im Zuge der Schaffung von Feuchtzonen vor ca. 5–6 Jahren zu interpretieren. Dasselbe gilt wohl auch für die im Artenspektrum vergleichsweise stark vertretenen xerothermophilen Arten.

Die in Abbildung 2 aufgetragenen Werte nähern sich bei steigender Erfassungsgenauigkeit einem Wert von ca. 20–30 % an. Der reale Turnover, bezogen auf den Einzugsbereich der Lichtfalle, liegt vermutlich in diesem Bereich.

Abschließend soll noch vor einer Überinterpretation der o. g. Absolutwerte des Artenaustausches (Tab. 3, Abb. 2) gewarnt werden. Der Turnover beträgt im Garten des Verfassers bei gleicher Methodik beispielsweise ca. 50 %. Hier mögen Heterogenität der Vegetationselemente, Störeinflüsse, Sukzessionsstadium etc. eine Rolle spielen.

Bedeutenden Einfluß hat auch die Flächengröße; man sollte deshalb Artenaustausch-Raten, die aus Lichtfallen-Einzugsbereichen stammen, nicht mit solchen aus flächendeckenderen Erhebungen beispielsweise eines ganzen Ortsgebietes vergleichen. Bei zunehmender Flächenabdeckung verringert sich nämlich der Turnover durch die „Pufferwirkung“ von Refugialhabitaten, die in der näheren Umgebung der Lichtfallen, jedoch außerhalb des Einzugsbereiches der Lichtquelle liegen.

## Zusammenfassung

Das Fangergebnis (Macroheterocera) einer Lebend-Lichtfalle, die 1987–1989 im Münchner Norden in Betrieb war, wurde auf die Stichprobenabhängigkeit des apparenten Turnovers hin untersucht. Hierzu wurde getestet, welche Arten bei einer simulierten Reduktion der Fanghäufigkeit in der jeweiligen Stichprobe anwesend gewesen wären, und welcher Artenaustausch von Jahr zu Jahr sich dann ergäbe.

Die Artenausbeute nähert sich bei steigender Fangfrequenz in einer Sättigungskurve einem Maximalwert an. Fängt man z. B. jede zweite Nacht, erhält man im Verlauf eines Jahres 80–85% der im Einzugsbereich der Falle anwesenden Arten.

In ähnlicher Weise läuft der absolute Turnover  $T_a$  bei zunehmender Erfassungsgenauigkeit auf einen Minimalwert zu, der vermutlich dem realen Turnover nahekommt. Im vorliegenden Fall betrug dieser 20–30%.

Erfolgt der Fang seltener als alle fünf Tage, erscheinen Rückschlüsse durch die starke Überschätzung des Turnovers als zu riskant.

## Dank

Mein herzlichster Dank gilt Herrn Prof. Dr. E. J. Fittkau und Herrn Prof. Dr. J. Reichholf für die Begleitung, die Hilfestellungen, Ratschläge und Tips bei der Einarbeitung in die Problematik. Der Gemeinde Oberschleißheim, Herrn Bürgermeister Schmid, den Herren Hönig und Jänisch möchte ich für die unbürokratische Bereitstellung der Netzanschlüsse danken. Meine Frau Silvia begegnete den Belastungen der Arbeit wie immer mit viel Verständnis. Sie und mein Vater Stefan begleiten mich bisweilen, um bei der Auswertung der Fänge die Schreifarbeiten zu übernehmen.

## Literatur

- Diamond, J. M. 1969. Avifaunal equilibria and species turnover rates on the Channel Islands of California. Proc. National Academy of Sciences USA **64**: 57–63.
- Hausmann, A. 1988. Großschmetterlinge im Münchner Norden – Schriftenreihe Bayer. Landesamt für Umweltschutz **83**: 61–95
- 1990. Zur Dynamik von Nachtfalter-Artenspektren. Turnover und Dispersionsverhalten als Elemente von Verbreitungsstrategien. – Spixiana Suppl. **16**: 1–222
- Reichholf, J. 1986. Tagfalter: Indikatoren für Umweltveränderungen. – Ber. ANL **10**: 159–169
- Utschick, H. 1989. Veränderungen in der Nachtfalterfauna im Auenwald der Innstaufer Perach 1976–1988 (Lepidoptera, Macroheterocera). – Nachr. Bl. Bayer. Entomologen **38** (2): 51–62.